



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 49 403 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**C 23 C 4/08**  
F 02 F 1/00  
B 23 P 9/00  
F 16 C 33/14

②1 Aktenzeichen: 195 49 403.2  
②2 Anmeldetag: 31. 10. 95  
④3 Offenlegungstag: 7. 5. 97

DE 195 49 403 A 1

⑦1 Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

⑥2 Teil aus: P 195 40 572.2

⑦2 Erfinder:  
Kloft, Manfred, Dipl.-Ing., 38154 Brunsleberfeld, DE;  
Schlegel, Udo, 38159 Vechelde, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:  
US 39 88 119  
US 25 88 422  
JP 60-2 51 264 A, Pat. Abstr. JP C-345, 13.5.86, Vol. 10,  
No 128;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Herstellen einer Gleitfläche auf einer Aluminiumlegierung

⑤7 In herkömmlichen Verbrennungskraftmaschinen mit einem Motorblock aus einer Aluminiumlegierung wird die Kolbenlauffläche entweder durch eine gußeiserne Kolbenlaufbüchse oder durch eine Stahlbeschichtung auf der Zylinderinnenwandung gebildet. Die Stahlbeschichtung ist aufwendig und erfordert ein mehrstufiges Verfahren. Erfindungsgemäß wird als Gleitschicht unmittelbar auf die Aluminiumlegierung eine Schicht aus 20-60% Molybdänpulver und 80-40% Stahlpulver durch thermisches Spritzen, insbesondere Plasmaspritzen, aufgebracht. Die Beschichtung ist hochverschleißfest und haftet gut auf der Aluminiumlegierung. Die Erfindung findet Einsatz in Hubkolbenmaschinen mit Motorblöcken aus einer Aluminiumlegierung.

DE 195 49 403 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 97 702 019/416

6/25

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die Erfindung betrifft weiter eine Hubkolbenmaschine, insbesondere eine Verbrennungskraftmaschine, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8. Außerdem ist Teil der Erfindung eine Verwendung einer Mischung zur Herstellung einer Gleitfläche.

Aus der DE-44 40 713 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen von Gleitflächen auf Gußeisenteilen bekannt, welches in mehreren Verfahrensschritten Schmiertaschen in der Gleitfläche offen legt welche im Betrieb eine hydrodynamische Schmierung gewährleisten sollen. Die Verfahrensschritte umfassen dabei ein mechanisches Bearbeiten der betreffenden Flächen, anschließend ein Bearbeiten mit einer chemisch und elektrochemisch inaktiven Flüssigkeit unter einem zur Flitterentfernung geeigneten Druck. Durch die Kombination der Verfahrensschritte Flüssigkeitsstrahlen und Reibplattieren werden in der betreffenden Oberfläche die Schmiertaschen freigelegt welche in ihrer Gesamtheit ein die erforderliche hydrodynamische Schmierung gewährleistendes Microdruckkammersystem bilden. Die Materialausbrüche werden dadurch erzielt, daß durch eine Honbearbeitung Titan-Karbide und Titan-Nitride aus der Oberfläche herausgerissen werden, wobei die so entstehenden Krater durch die weitere Bearbeitung wieder zugeschmiert werden. Das anschließende Flüssigkeitsstrahlen und Reibplattieren legt diese Vertiefungen wieder frei.

Grundsätzlich ist es aus der US-A-5,080,056 bekannt, auf aus einer Aluminiumlegierung bestehende Werkstücke durch Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen eine Aluminium-Bronze-Legierung aufzubringen, deren Schichtdicke anschließend durch Honen auf ein Endmaß bearbeitet wird.

Es ist bereits bekannt, im Gegensatz zu einem Microdruckkammersystem ein kommunizierendes System, beispielsweise auf Zylinderlaufbahnen von Brennkraftmaschinen, durch eine Honbearbeitung zu erzielen. Hierbei entstehen sich kreuzende Riefen, welche durch die Kreuzungsbereiche miteinander verbunden sind und insgesamt ein offenes System darstellen. Nachteilig hierbei ist es, daß das auf der Gleitfläche gleitende Werkstück, beispielsweise ein Kolbenring eines Kolbens einer Brennkraftmaschine, das in den Riefen befindliche Öl vor sich her schiebt, wodurch kein hydrodynamischer Öldruck aufgebaut werden kann. Infolgedessen kommt es an den Riefenkanten zu einer Mischung zwischen den beteiligten Gleitpartnern. Dieses bei Grauguß-Werkstücken weitverbreitete Schmierungssystem ist bei Werkstücken, die aus Gewichtsgründen aus einer Aluminiumlegierung bestehen sollen, nicht anwendbar.

Aus der US-A 2,588,422 ist ein Aluminiummotorblock bekannt, dessen Zylinderlaufbahnen eine thermisch gespritzte Beschichtung aufweisen. Diese Beschichtung ist zweischichtig aufgebaut aus einer stählernen Gleitschicht und einer molybdänhaltigen Zwischenschicht. Die Zwischenschicht, die zu mindestens 60% Molybdän enthält, dient nicht als Gleitschicht sondern ist notwendig, um die harte Gleitschicht mit dem Aluminiumblock zu verbinden. Bevorzugt ist diese Verbindungsschicht aus reinem Molybdän aufgebaut. Die Gleitschicht ist eine harte Metallschicht, wie beispielsweise Carbonstahl, Bronze oder rostfreier Stahl, wobei der Stahl legiert sein kann mit beispielsweise Nickel, Chrom, Vana-

dium oder Molybdän. Grundsätzlich wird mit diesem Schichtaufbau eine gute Gleitschicht zur Verfügung gestellt, wobei jedoch der Aufwand der Doppelbeschichtung erheblich ist.

Aus der GB 2 050 434 A sind verschiedene durch thermisches Spritzen erhaltene Beschichtungen bekannt. Diese Beschichtungen befinden sich auf Stahl oder Gußteilen von Brennkraftmaschinen, wie beispielsweise Kolbenringen oder Zylinderlaufbüchsen. Hierbei wird festgestellt, daß Beschichtungen, die aus gleichen Teilen Molybdänpulver und Carbonstahlpulver bestehen, auf den genannten Materialien erheblich weniger abriebsbeständig sind als Beschichtungen, die nur 0,5 bis 4,5 Gew.-% Molybdän neben 20 bis 97 Gew.-% Metalle-

carbiden und ggf. Eisen oder eisenhaltiger Legierung enthalten. Für eine Verbindung dieser Beschichtungen auf Aluminiumlegierungen muß auf die vorgenannte US-A 2,588,422 zurückgegriffen werden. Die GB-PS 1 478 287 beschreibt eine Pulvermischung zur Plasmabeschichtung von Stahl oder Gußteilen, wie beispielsweise Kolbenringen, Zylinderblöcken oder Zylinderlaufbüchsen. Das Pulver ist eine Mischung aus Molybdän, Bor und Gußeisen, wobei mindestens soviel Gußeisen wie Molybdän enthalten ist; das Bor liegt üblicherweise bis 3% der Summe aus Molybdän und Gußeisen vor. Solche Beschichtungen entsprechen, wie das Beispiel 1 aus der GB 2 050 434 A zeigt, nicht mehr den heutigen Qualitätsanforderungen.

Eine weitere Beschichtung für Zylinderlaufbüchsen ist aus der DE-AS 21 46 153 bekannt, in der eine Plasmabeschichtung, die neben mindestens 65 Gew.-% Molybdän noch Nickel und Chrom, Bor, Silicium und ggf. noch Eisen enthält, beschrieben ist. Diese Beschichtung von Zylinderlaufbüchsen, die aus Graugußeisen gefertigt sind, entspricht den zuvor beschriebenen Beschichtungen aus den britischen Schriften.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung einer Gleitfläche auf einer Aluminiumlegierung zur Verfügung zu stellen, das mit einem einzigen Beschichtungsvorgang auskommt. Aufgabe der Erfindung ist ferner eine entsprechende Hubkolbenmaschine mit einem Motorblock aus einer Aluminiumlegierung.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt mit den Maßnahmen des Patentanspruchs 1.

Vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Merkmale des Patentanspruchs 8 lösen die Aufgabe hinsichtlich der Hubkolbenmaschine.

Das erfindungsgemäße Verfahren stellt in vergleichsweise einfacher Weise ein Microdruckkammersystem bereit, indem auf ein Werkstück aus einer Aluminiumlegierung durch thermisches Spritzen eine Verschleißschicht aufgebracht wird, welche anschließend unter Freilegung der Schmiertaschen des Microdruckkammersystems durch mechanisches Bearbeiten teilweise abgetragen wird. Hierdurch wird eine Gleitfläche auf dem metallischen Werkstück geschaffen, welche eine ausreichende Verschleißfestigkeit aufweist, welche der Grundwerkstoff nicht bietet, wobei durch das thermische Spritzen und die anschließende mechanische Bearbeitung eine Vielzahl von Materialausbrüchen entsteht, welche während der mechanischen Bearbeitung nur zu einem geringen Teil zugeschmiert werden und in Folge dessen eine ausreichende Anzahl von das Microdruckkammersystem bildenden Vertiefungen bereitstellt.

Das Microdruckkammersystem auf der Gleitfläche entsteht somit in gänzlich anderer Art und Weise als in dem eingangs genannten Stand der Technik, welcher

notwendigerweise auf das Vorhandensein von Titananteilen angewiesen ist.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird die Verschleißschicht mittels Plasmaspritzen aufgebracht. Diese Plasmaspritzschichten sind von sich aus bereits mikroporös, so daß bei ihnen durch einen einmaligen Bearbeitungsvorgang, beispielsweise Honen, das Microdruckkammersystem erzeugt werden kann.

Das in der US-A-5,080,056 vorgeschlagene Hochgeschwindigkeitsflammspritzen kann bei einer Vielzahl von Werkstücken, beispielsweise bei Zylinderlaufbahnen von Brennkraftmaschinen infolge der vergleichsweise hohen eingebrachten Energie nicht angewendet werden, da es zu Verzügen in den Zylinderlaufbahnen kommen kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren vermeidet vorteilhafterweise jeglichen umweltbelastenden, galvanischen Verfahrensschritt. Bei Verwendung von geeigneten Spritzpulvern für das Plasmaspritzen sowie geeigneter Parameter für das Honen lassen sich extrem glatte Gleitflächen mit äußerst geringen Rauhtiefewerten schaffen, welche zur hydrodynamischen Schmierung das vorgenannte Microdruckkammersystem aufweisen.

Gemäß der vorliegenden Erfindung hat sich herausgestellt, daß eine Mischung aus Stahlpulver mit Molybdänpulver sich besonders gut für das thermische Spritzen zur Erzielung von Gleitflächen auf Aluminiumlegierungen eignet. Diese Mischung setzt sich zusammen aus 20 bis 60% Molybdänpulver und 80 bis 40% Stahlpulver, wobei 30 bis 50% Molybdänpulver und 70 bis 50% Stahlpulver besonders bevorzugt sind. Als eine der günstigsten Mischung hat sich eine 50 : 50 Mischung herausgestellt. Auch wenn solche Mischungen im Stand der Technik auf gußeisernen Substraten zu mäßigen, d. h. nicht verschleißfesten Beschichtungen führen (vergl. insbesondere GB 2 050 434 A), so ist eine solche Beschichtung auf Aluminium außerordentlich haftfest und abriebsfest. Man erhält somit erfindungsgemäß die Gleitfläche unmittelbar auf der auf der Aluminiumlegierung abgeschiedenen Schicht und benötigt keine Zwischenschicht, wie sie in der US 2,588,422 beschrieben ist. Das besondere an der vorliegenden Erfindung ist, daß auf dem verhältnismäßig weichen Untergrund einer Aluminiumlegierung eine verschleißfeste Schicht direkt haftend aufgetragen werden kann. Mit zur Erfindung gehört die Beschichtung von Aluminium-Motorblöcken einer Hubkolbenmaschine, wobei die Beschichtung sich des Verfahrens bedient. Außerdem gehört zur Erfindung die Verwendung der oben genannten Pulvermischung zum thermischen Spritzen der die Gleitfläche bildenden Beschichtung auf eine Aluminiumlegierung.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem nachfolgend anhand einer Zeichnung näher erläuterten Ausführungsbeispiel.

Es zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau einer Plasmaspritzschicht auf einem Werkstück,

Fig. 2 schematisch ein kommunizierendes System ohne hydrodynamische Schmierung auf einer Werkstückoberfläche nach dem Stand der Technik und

Fig. 3 eine schematische Ansicht ähnlich Fig. 2 eines Microdruckkammersystems der Erfindung.

Als metallisches Werkstück 1, auf welchem eine eine hydrodynamische Schmierung gewährleistende Gleitfläche 2 hergestellt werden soll, wird eine Zylinderlaufbahn eines Zylinderkurbelgehäuses einer Brennkraftmaschine angenommen. Dieses Kurbelgehäuse wird aus einem Aluminiumwerkstoff im Druckgußverfahren her-

gestellt, wobei als Gußwerkstoff  $AlSi_6Cu_4$  verwendet wird.

Um auf den Zylinderlaufbahnen eine den Betriebsbedingungen entsprechende Schicht aufzubringen, wird auf das Werkstück 1 mittels Plasmaspritzen eine Verschleißschicht 3 aufgebracht.

Fig. 1 zeigt in starker Vergrößerung und schematisiert einen Querschnitt durch ein Werkstück 1 mit aufgebracht Verschleißschicht 3. Erkennbar ist die Verschleißschicht 3 durch mechanische Verklammerung am Werkstück 1 gehalten, da die Spritzpartikel der Verschleißschicht im flüssigen Zustand in die Unebenheiten und Hinterschneidungen der Werkstückoberfläche eindringen. An diesen Stellen entstehen beim Erstarren der Verschleißschicht formschlüssige Verbindungen. Zusätzlich bauen sich innerhalb der Verschleißschicht 3 Schrumpfspannungen auf, welche zu kraftflüssigen Verbindungen zwischen Werkstück 1 und Verschleißschicht 3 führen.

In der Verschleißschicht 3 sind sowohl Verunreinigungen 4 wie auch unaufgeschmolzene Spritzpartikel 5 enthalten, während bei 6 vergleichsweise dünne Oxidschichten dargestellt sind.

Die für die Verschleißschicht 3 verwendeten Spritzpulver bestehen aus einem bestimmten Volumenprozentanteil aus einem Molybdänpulver, der Rest wird aus einem Stahlpulver gebildet. Dieses kann beispielsweise aus Eisen, Molybdän, Chrom, Nickel, Silicium und Bor gebildet sein, welches ein insgesamt sehr hartes Stahlpulver ergibt. Alternativ hierzu kann ein legierter Werkzeugstahl, bestehend aus Eisen, Molybdän, Wolfram und Chrom, verwendet werden. Ebenso ist die Verwendung eines niedrig legierten Stahles, beispielsweise auf der Basis von Eisen, Chrom, Mangan und Kohlenstoff, möglich.

Die Verschleißschicht kann aus einem Spritzpulver mit 20—60% Molybdänpulveranteil und einem dementsprechenden Stahlpulveranteil bestehen, besonders gute Ergebnisse wurden mit einem 30 — 50% Molybdänpulveranteil und dementsprechend 70—50% Stahlpulveranteil aus einem legierten Werkzeugstahl erzielt. Ein mögliches Optimum, welches u. a. vom Honverfahren und der zu erzielenden Rauhtiefe abhängt wurde bei jeweils 50% Pulveranteilen ermittelt.

Nach dem Erstarren der Verschleißschicht 3 kann durch eine mechanische Bearbeitung in Form von Honen, wie es beispielsweise aus der genannten DE-44 40 713 A1 bekannt ist, diese Verschleißschicht 3 auf ein gewünschtes Endmaß abgetragen werden.

Vorteilhafterweise reißen bei diesem Honvorgang die vergleichsweise harten, unaufgeschmolzenen Spritzpartikel aus der Oberfläche aus, wodurch vereinzelte Schmiertaschen 7 in Form von Vertiefungen freigelegt werden.

Vorteilhafterweise bildet die Gesamtheit dieser einzelnen Schmiertaschen 7 ein Microdruckkammersystem auf der Gleitfläche 2, welches zwischen diesen Schmiertaschen 7 Plateaus 8 mit äußerst geringer Rauhtiefe aufweist. Weitere Verfahrensschritte, etwa Fluidstrahlen zum Freilegen von durch die mechanische Bearbeitung zugeschmierten Schmiertaschen ist nicht erforderlich.

Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt aus einer Zylinderlaufbahn eines Werkstückes 1, mit der Gleitfläche 2 und dem durch die Schmiertaschen 7 mit den dazwischen liegenden Plateaus 8 gebildeten Microdruckkammersystem. Schematisch ist ein Kolbenringsegment 9 mit seiner Bewegungsrichtung 10 dargestellt, welches im Be-

trieb der Brennkraftmaschine relativ zu der Gleitfläche 2 bewegt wird.

Das in den Schmiertaschen 7 angesammelte Schmieröl gewährleistet durch das Aufschwimmen des Kolbenringsegmentes 9 eine hydrodynamische Schmierung.

Im Gegensatz dazu zeigt Fig. 2 ein offenes, kommunizierendes System nach dem Stand der Technik. Erkennbar sind die durch die Honbearbeitung entstehenden, kreuzenden Riefen 11, in welchen das Schmieröl durch die Bewegung des Kolbenringsegmentes 9 in Richtung der eingezeichneten Pfeile vor diesen Kolbenringen hergeschoben wird. Hierdurch kann kein hydrodynamischer Druck aufgebaut werden und an den Riefenkannten ist eine Mischreibung zwischen Kolbenringen und Zylinderlaufbahnen möglich.

Bei geeigneter Abstimmung der Verfahrensparameter, insbesondere der Zusammensetzung der Verschleißschicht 3 sowie des Honabtrages, ist es durch das erfindungsgemäße Verfahren möglich, mit vergleichsweise wenigen und einfachen Verfahrensschritten ein Microdruckkammersystem zur Gewährleistung einer hydrodynamischen Schmierung zu erzeugen. Insbesondere die Zusammensetzung der aufgespritzten Verschleißschicht hat direkte Auswirkungen auf die entstehende Härte der Gleitfläche; der Honabtrag kann beispielsweise mit steigendem Molybdänpulveranteil gesteigert werden.

Der spezifische Honabtrag, das heißt das Verhältnis aus gemessenem Abtrag beim Fertighonen und dafür benötigter Zeit, war bei allen verwendeten Spritzschichten hoch genug, um innerhalb der vorgegebenen Taktzeiten bei der Fertigung eines Zylinderkurbelgehäuses die Honbearbeitung zu gewährleisten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Gleitfläche auf einer Aluminiumlegierung durch thermisches Spritzen einer Beschichtung aus Stahl mit Molybdän, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Mischung aus 20—60% Molybdänpulver und 80—40% Stahlpulver zur Bildung der die Gleitfläche aufweisenden Beschichtung auf die Aluminiumlegierung gespritzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Mischung aus 30—50% Molybdänpulver und 70—50% Stahlpulver auf die Aluminiumlegierung gespritzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Stahlpulver ein legierter Stahl insbesondere Werkzeugstahl, eingesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Stahlpulver ein Werkzeugstahl aus Eisen, Molybdän, Wolfram, Chrom oder ein niedrig legierter Stahl aus Eisen, Chrom, Mangan und Kohlenstoff eingesetzt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Zylinderlaufbahn einer Hubkolbenmaschine, insbesondere Verbrennungskraftmaschine, mit der die Gleitfläche aufweisenden Beschichtung versehen wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die die Gleitfläche aufweisende Beschichtung mittels Plasmaspritzen aufgebracht wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beschichtung zur Bildung der Gleitfläche mechanisch nachbearbeitet wird.

8. Hubkolbenmaschine, insbesondere Verbrennungskraftmaschine, mit einem Kurbelgehäuse aus einer Aluminiumlegierung, das Zylinderlaufbahnen aufweist, die mit einer Stahl-Molybdän-Beschichtung versehen sind, die durch thermisches Spritzen aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die die Zylinderlaufbahn bildende Stahl Molybdän-Beschichtung durch thermisches Spritzen einer Mischung aus

20—60% Molybdänpulver und

80—40% Stahlpulver

auf die Aluminiumlegierung aufgebracht ist.

9. Verwendung einer Mischung aus

20—60% Molybdänpulver und

80—40% Stahlpulver

zum thermischen Spritzen einer eine Gleitfläche bildenden Beschichtung auf einer Aluminiumlegierung.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

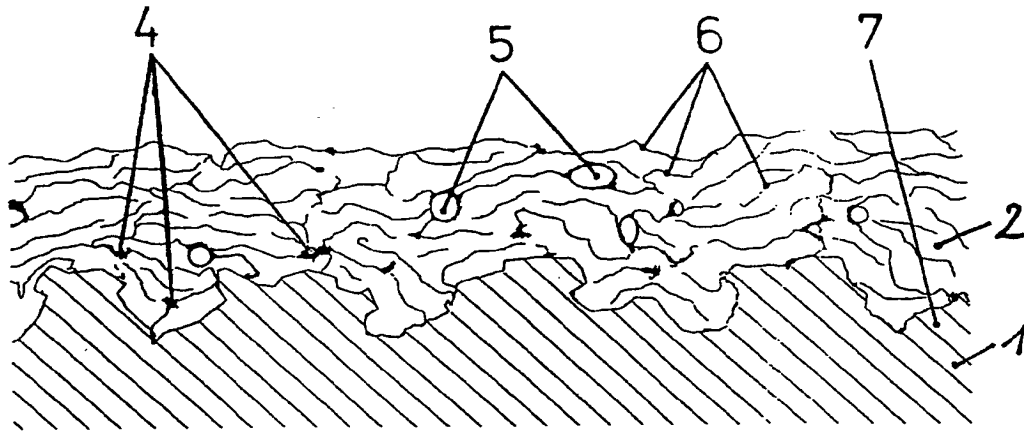


Fig. 1

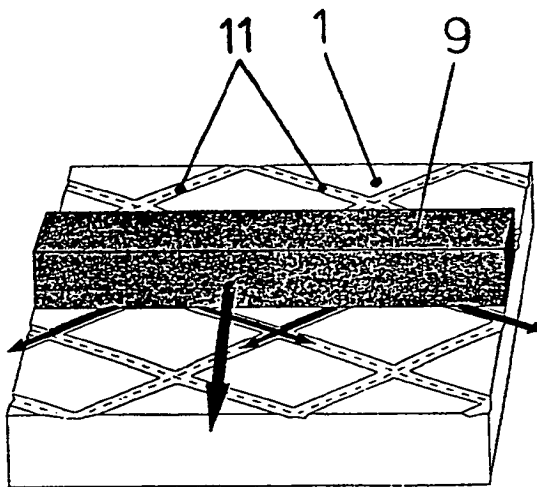


Fig.2

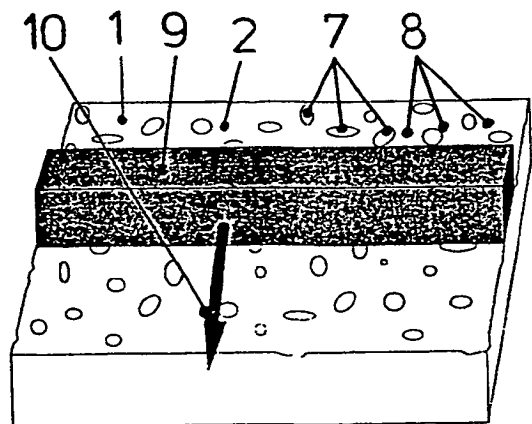


Fig.3